

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 03585

(54) Capteur solaire héliostatique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). F 24 J 3/02; G 02 B 5/10.

(22) Date de dépôt..... 4 mars 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Italie, 4 mars 1981, n° 20127-A/81.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 36 du 10-9-1982.

(71) Déposant : GRANDIS Valentino Cesare, résidant en Italie.

(72) Invention de : Valentino Cesare Grandis.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Aymard et Coutel,
20, rue Vignon, 75009 Paris.

1.

La présente invention concerne, de façon générale, les capteurs solaires et vise, en particulier, un capteur solaire pour usages domestiques et industriels, qui possède un élément capteur de géométrie spécialement étudiée pour optimiser le rendement optique/thermique, et est commandé par un système continu de pointage au soleil, de prix de revient assez réduit.

Il est connu que les capteurs solaires sont des dispositifs propres à la conversion et à l'accumulation de l'énergie solaire, étant donné que la radiation solaire, dans les conditions ordinaires de réception, n'a pas une intensité suffisante pour la plupart des usages technologiques.

Les capteurs solaires sont de deux genres : ceux dans lesquels la radiation est focalisée, à partir de grandes surfaces, sur des petites surfaces chauffantes et ceux dans lesquels la même radiation est captée et accumulée par des récepteurs ou capacités thermiques.

Les capteurs à focalisation ou à concentration atteignent des températures élevées et exigent une exposition au soleil directe et un ciel serein, et surtout une certaine mobilité pour suivre le cours apparent du soleil. Les capteurs non focalisants sont, en général, pourvus de surfaces réceptrices planes, donnent des températures limitées, sont fixes et peuvent être utilisés même dans les jours qui ne sont pas parfaitement sereins.

Il est, en outre, connu qu'un héliostat, par définition, est un miroir capable de réfléchir dans une direction fixe un faisceau des rayons solaires, malgré la rotation diurne apparente du soleil.

Le miroir peut prendre les formes les mieux appropriées pour diriger les rayons réfléchis sur l'élément capteur d'énergie et il peut être fait en un matériau quelconque d'un pouvoir réfléchissant élevé.

L'exploitation industrielle desdits dispositifs a conduit, en général, à la réalisation de collecteurs solaires qui peuvent être employés même pour des usages ménagers et d'héliostats qui, groupés en batteries, sont destinés à

2.

former la partie captante de l'énergie solaire pour des centrales thermiques.

Le but de la présente invention est de réaliser un capteur solaire du genre à focalisation linéaire, de dimensions très réduites et qui est apte à donner un rendement d'énergie plus grand que celui d'un convertisseur solaire normal, plan, ayant la même surface.

Un autre but de l'invention est de réaliser un capteur solaire du genre à focalisation linéaire, qui est à même de suivre le cours apparent du soleil, sans exiger la présence d'un opérateur, pendant un temps sensiblement indéfini d'années solaires.

Un autre but de l'invention est de réaliser un capteur solaire du genre susdit, d'un prix de revient très réduit, de toute façon ne dépassant pas celui d'un convertisseur solaire plan classique ayant une surface équivalente, et dont les coûts d'entretien sont tout à fait concurrentiels.

Un autre but de l'invention est de réaliser un héliostat d'une géométrie telle qu'il en résulte qu'il est peu encombrant, tout en fournissant une surface réfléchissante capable de donner un taux de concentration élevé, et qu'il permet d'être reproductible, à partir d'un seul modèle, de manière modulaire avec des surfaces réfléchissantes différentes, selon les exigences.

Enfin, un autre but de l'invention est de réaliser un dispositif de commande pour impartir au capteur solaire un mouvement cyclique de poursuite du cours apparent du soleil, dispositif qui est conçu de manière très simple et qui est pourtant à même d'être commandé par une personne quelconque sans la nécessité d'exiger des manoeuvres spéciales, et qui présente une autonomie presque illimitée.

Plus particulièrement, le capteur solaire pour usages domestiques et industriels selon la présente invention est caractérisé en ce qu'il comprend : un héliostat ayant une géométrie particulière conosphérique, c'est-à-dire constituée par la combinaison d'un tronc de cône avec, à sa petite base, une calotte sphérique, un récepteur cylindrique coaxial à l'axe de la conosphère, un berceau pour supporter

l'héliostat, disposé sur un châssis fixe, avec possibilité de tourner autour d'un axe parallèle à l'axe polaire de la Terre, ledit héliostat étant pivoté au berceau avec possibilité de tourner autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation dudit berceau, des moyens d'actionnement du berceau et des moyens d'actionnement de l'héliostat asservis aux moyens d'actionnement du berceau de manière à pouvoir impartir à l'héliostat un mouvement combiné dans des directions perpendiculaires entre elles selon un programme bien déterminé.

L'invention sera maintenant décrite plus en détail en se référant à une forme de réalisation semblant devoir être préférée, donnée à simple titre d'exemple nullement limitatif, et illustrée dans les dessins annexés, qui font partie de la description, et dans lesquels :

Fig. 1 est un graphique illustrant la distribution axiale du flux de radiation en fonction de la surface réfléchissante de l'héliostat de l'invention ;

Fig. 2 montre, de manière très schématique, la géométrie conosphérique (combinaison d'un tronc de cône et d'une calotte sphérique) de l'héliostat selon l'invention ;

Fig. 3 est une vue en plan de l'héliostat de la Fig. 2 ;

Fig. 4 montre, de manière très schématique et en élévation latérale, le capteur solaire selon l'invention ;

Fig. 5 montre le moteur actionnant le berceau qui supporte l'héliostat ;

Fig. 6 montre le détail du moyen d'actionnement de l'héliostat asservi à celui du berceau ;

Fig. 7 est une vue en plan du moyen d'actionnement de l'héliostat illustré en Fig. 6 ;

Fig. 8 est un graphique de l'angle de déclinaison du soleil intéressé par le mouvement de l'héliostat ; et

Fig. 9 est une vue en élévation frontale du berceau avec l'héliostat appliqué et avec les moyens d'actionnement pour impartir audit berceau les mouvements combinés.

On va maintenant décrire de manière plus détaillée toutes les parties formant le capteur solaire de l'invention.

CONCENTRATEUR

Le choix de projet est parti d'une géométrie tronconique, comme celle présentée par Mouchot à l'Exposition Universelle de Paris de 1878 et développée analytiquement
 5 par M.H. Cobble (voir : Solar Energy 7/75-1963 "Analysis of a Conical Solar Concentrator").

Les dimensions d'encombrement et les limitations d'une telle géométrie par rapport à la non-uniformité du flux d'énergie sur l'élément capteur, ont poussé les inventeurs
 10 à rechercher ultérieurement les possibilités d'en combiner les avantages avec ceux d'un collecteur focalisant sphérique, tous les deux avec un angle d'ouverture circulaire de 45° auquel correspondent le taux d'interception maximal et donc la dispersion minimale.

Il en est résulté (voir Fig. 2) un réflecteur formé par la combinaison d'un tronc de cône ayant une ouverture de 90° et un rayon R, avec, à sa petite base, une calotte sphérique S ayant la même ouverture et un rayon $R/\sqrt{2}$
 (hauteur $R \cdot \frac{\sqrt{2} - 1}{2}$ et surface $\pi \cdot R^2 (\sqrt{2} - 1)$, angle d'ouverture correspondant à $\frac{\sqrt{2} - 1}{4} = 0,103553391$ stéradian),
 20 qui est concentrique au cercle de la grande base du tronc de cône et tangent à ce dernier. Ladite conosphère ayant une hauteur $R/\sqrt{2}$ et une "caustique" R/2, avec superposition de l'effet sphérique le long d'un segment
 25 $R \cdot \frac{2 - \sqrt{2}}{4}$, réduit l'encombrement axial du système par rapport à la solution conique simple.

RECEPTEUR

Mais, à parité de surface captante, on a obtenu le double avantage de doubler le taux de concentration et de
 30 partager en deux les déperditions par rayonnement du récepteur P qui, dans le modèle étudié, est formé par un cylindre de rayon (r) et de hauteur (h = R/2), dont l'axe coïncide avec celui de la conosphère. En outre, ce choix fait en sorte que le "Taux de Concentration" :

35 $C = \frac{\pi R^2}{2\pi \cdot r \cdot h} = \frac{R^2}{2r/R/2} = \frac{R}{r}$ Soleils, soit seulement une fonction du rapport entre les rayons du cercle d'exposition au

5.

soleil et du cylindre capteur de l'énergie radiante concentrée.

Un autre bénéfice résulte d'une meilleure distribution axiale du flux de radiation le long de la caustique. En effet, la loi qui gouverne le flux d'énergie réfléchi en fonction du rayon de la surface spéculaire est linéaire et décroissante pour le réflecteur conique et tend vers zéro en correspondance du sommet, tandis que, pour la calotte sphérique ayant une ouverture circulaire de 45°, ladite loi est une épicycloïde selon l'expression

10 $R(1 - \frac{2 \sin \Theta_0}{4})$ dans laquelle l'angle d'ouverture Θ_0 a son maximum à 45°. A partir de la base du cylindre récepteur, c'est-à-dire en correspondance au cercle de tangence et pour une hauteur de $\frac{2 - \sqrt{2}}{4}$ le flux épicycloïdal va se
15 superposer au flux linéaire et va changer selon la loi :

R. $\left[1 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{1}{(\cos \Theta_0 - 2 \sin \Theta_0)} \right]$, laquelle a deux maxima de valeur égale aux extrêmes R et R/2, tandis que son minimum correspond à $R(1 - \sqrt{2}/4)$, (voir Fig. 1).

En maintenant la susdite géométrie pour la partie sphérique du réflecteur, mais en prolongeant le cône quadrique au-delà du rayon R, on a formé un ensemble modulaire reproductible d'un modèle unique, qui permet de réaliser des concentrateurs de deux à sept mètres carrés. Les dimensions maximales sont limitées par les facteurs suivants :

- 25 - Poids et déformabilité de la structure
- Trainée au vent
- Précision de pointage (Equation du temps)
- Economicité du système concentrateur/collimateur
- Taux d'interception ou fraction de radiation réfléchi
30 interceptée par la surface d'échange.

Compte tenu des susdits facteurs, on a vérifié expérimentalement que le taux de concentration pratique optimal moyen est C = 20 Soleils pour la catacaustique (caustique par réflexion) conosphérique de l'invention, qui se trouve
35 pourtant dans le domaine des concentrateurs solaires de

moyenne température.

Le module de base a donc $R = 100$ cm, $r = 5$ cm, la fonction modulaire du taux de concentration moyen pour rayons plus grands que $R(1 - \sqrt{2/4}) = 0,64644661 R$,

5 est $C_{\text{moyen}} = \frac{R^2}{2r \cdot h} = \frac{R^2}{r(2R-1)} = \frac{R}{2R-1} \varphi$ Soleils ; où $\varphi = \frac{R}{r}$,

ce qui permet de dimensionner le cylindre d'échange en fonction du rayon R de la conosphère, dont les flux d'énergie extrêmes et le flux spécifique moyen sont donnés

10 ci-après. En effet si on suppose que la concentration moyenne ait la valeur optimale de $C = 20$ Soleils, on trouve :

$\varnothing = 2r = \frac{R}{(2R-1)10}$ cm et on obtient les paramètres caractéristiques suivants :

	A m ²	R m	$\varnothing = 2r$ cm	$C_{\text{moy.}} = \frac{R^2}{r(2R-1)}$	$F_{\text{min.}} = \frac{4 - \sqrt{2}}{4r}$	$F_{\text{max}} = R/r$	$F_{\text{spéc.}} = \frac{R}{2R-1}$	$F^{\text{min}/\text{max}}$ %
15	1,50	0,7	12	20,2/5	10,3/4	20,-	1,3/4	53,3/4
	2,-	0,8	11	19,4/5	11,3/4	"	1,1/3	58,3/4
	2,50	0,9	"	20,1/4	13,-	"	1,1/8	65,
	3,-	1,-	10	20,-	"	"	1,-	"
20	4,-	1,15	"	20,1/8	"	23	0,885	56,1/2
	4,50	1,20	"	20,1/4	"	24	0,857	54,
	5,-	1,275	"	21	"	25,1/2	0,823	51,
	6,-	1,40	11	19,7	11,3/4	25,45	0,7	46,
25	7,-	1,50	"	20,45	"	27,27	3/4	43,

30 Pour obtenir de suivre continuellement le Soleil de façon à ce que l'axe du réflecteur AC coïncide avec le ver-seur solaire, il est nécessaire de prévoir la possibilité de rotation autour de deux axes pour réaliser, de manière simple et économique, les mouvements apparents du soleil. Les genres de montures utilisés en astronomie sont de

7.

trois, à savoir : la monture altazimutale, la monture méridienne, la monture équatoriale.

Par simplicité de construction on a choisi la monture équatoriale à berceau, qui a deux degrés de liberté orthogonaux. L'un est l'axe polaire AP qui est parallèle à l'axe de rotation de la Terre et est donc pointé exactement vers le pôle nord céleste. L'autre est l'axe de déclinaison AD (Fig. 6). L'axe du concentrateur AC peut tourner autour de cet axe et tout l'ensemble tourne autour de l'axe polaire avec une vitesse angulaire égale et de sens contraire à celui de la rotation de la Terre.

Ce système a l'avantage de présenter un plus petit nombre de mouvements ; l'angle horaire peut simplement être référé à une montre, tandis que l'inclinaison peut être réglée même une fois par jour, étant donné qu'elle va changer très lentement.

L'automatisme universel de monitoring AUM (Figs. 5 et 6) est un système électromécanique de grande simplicité constructive qui combine de manière continue les deux mouvements, en employant le synchronisme de la fréquence du réseau électrique en courant alternatif, qui, en théorie, exige deux seules manoeuvres par an en correspondance des solstices pour sélectionner l'augmentation ou la diminution de la déclinaison.

Le dispositif pendant la nuit va repositionner le pointage pour l'aube à venir et, pendant une des deux phases, il procède simultanément même à la variation journalière, d'environ un quart de degré, de la déclinaison de manière continue ou discontinue, à volonté.

Le dispositif AUM (Figs. 5 et 6) est formé par un micromoteur synchrone (1) (220 Volts, 50/60 cycles) ayant une puissance de l'ordre de la dizaine de watts, commandé par des micro-interrupteurs de fin de course (non représentés) pour la réversibilité, et qui tourne à la vitesse de 250 à 300 tours par minute et qui, par l'intermédiaire d'un micro-réducteur (rapport 1/15.000) réalise une rotation d'un tour par heure avec un couple de 20-30 m.Newton-mètre. Ce moteur est solidaire, par l'intermédiaire d'un

joint à couronne dentée 2 en NYLON, d'un réducteur 3 (rapport 1/24) à vis sans fin à axes orthogonaux (à graissage continu), qui effectue donc un tour/jour, et dont l'arbre mené 4 est solidaire de l'axe polaire AP du berceau 10, coïncidant avec l'axe polaire et donc parallèle à l'axe de la Terre. Il s'agit donc d'un réducteur de puissance, dont le moment de torsion référé à l'arbre mené est de 55 Nm, qui doit absorber les contraintes des coups de vent sur la conosphère.

De cette façon on obtient le mouvement horaire du berceau à la vitesse de 15°/h, respectivement de l'Est à l'Ouest pendant le jour et de l'Ouest à l'Est pendant la nuit. Les éventuels déphasements ou interruptions de courant peuvent être compensés très aisément en tournant en avance ou en retard le joint à couronne dentée 2 en NYLON d'une dent pour chaque ± 2 minutes, c'est-à-dire de 12° étant donné que la couronne a 30 dents.

L'inclinaison de l'axe de déclinaison AD, qui peut changer, par effet saisonnier, de $\pm 23^{\circ}27' = 23,45^{\circ} = 0,409279709$ radian = $\pm \xi$, est obtenue par un dispositif de commande de conception très simple, formé par une tige filetée 5, parallèle à l'axe polaire, tournant dans un écrou 12 fileté solidaire d'une fourchette 13 pivotée en correspondance du sommet 6 de la conosphère et solidarisée au berceau 10 par deux tiges rigides 14, 14'. Le déplacement axial de ladite tige filetée 5 est calculé de manière à faire accomplir une rotation Nord-Sud, ou "vice versa", à la conosphère d'un solstice à l'autre d'un angle égal au double de l'angle compris entre le plan de l'écliptique par rapport au plan de l'équateur terrestre, c'est-à-dire

$$2 \cdot \xi = 46,90^{\circ} = 46^{\circ}54', \text{ selon la relation suivante :}$$

$$m = 2 \cdot n \cdot \sin \xi = 2n0,39794863 = 80 \% n \text{ (Fig. 8).}$$

En exprimant les mesures en mm, si le pas de vis est $P = 1/p$, le nombre de tours/jour pour l'obtenir est donné par $\frac{80 \% n \cdot 4}{P \cdot 365,25} = 80 \% n \cdot 4p/365,25 = 8,75 \% n \cdot p = 8,75 \% n/p$ tours/jour qui sont obtenus par le système classique chaîne 7-pignon 8, fixé au châssis 20 (Fig. 4), ayant un rapport

convenable, et solidarisé à la tige filetée par l'intermédiaire d'un dispositif à roue libre dans les deux sens 9 (Fig. 7), commandé par un levier de sélection 11 qui permet de faire tourner la tige filetée 5 dans le sens (+) ou (-) selon que l'on veut augmenter ou réduire l'angle d'inclinaison de déclinaison. Dans le premier cas on commence en correspondance du solstice d'hiver (22 Décembre) pour tout l'hiver et le printemps, dans le second cas on commence en correspondance du solstice d'été (21 Juin) pour tout l'été et l'automne.

La commande est donc limitée à deux fois seulement par année et pour éliminer cette commande on peut l'automatiser moyennant un simple compte-tours.

La réalisation du dispositif de monitoring qui ne comprend pas le dispositif d'angulation de la déclinaison (5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14) peut être aisément appliqué aux collecteurs solaires classiques, à une simple commande manuelle à trois positions et permet d'augmenter le rendement de 50 % avec un prix vraiment réduit, comme on verra ensuite.

Le berceau 10 est pivoté parallèlement à l'axe polaire AP dirigé vers le Nord et incliné par rapport au plan horizontal d'un angle Θ_0 égal à la latitude du lieu. Le plan perpendiculaire à l'axe, plan de rotation, correspond au plan équatorial, qui forme avec le plan horizontal, un angle égal à la colatitude du lieu : $c\Theta_0 = \pi/2 - \Theta_0$.

Si on donne les coordonnées équatoriales et l'angle horaire ou azimutal (référé au temps solaire vrai) de la trigonométrie sphérique, on a :

$$\sin.h = \sin.\delta \sin \Theta_0 + \cos.\delta \cos.\Theta_0 . \cos H$$

Il parcourt chaque jour un angle plat à la vitesse angulaire de 15°/h et telle est l'angulation maximale de captation pour le capteur dans les six mois de printemps et d'automne, c'est-à-dire entre les deux équinoxes (21 mars - 23 septembre) et a une durée de 12 heures. Dans les six mois de l'automne et de l'hiver, ladite angulation va diminuer à nouveau jusqu'à rejoindre les 12 heures dans

l'équinoxe du printemps (21 mars) et rester constante.

La loi qui gouverne la durée de la journée est fonction de la latitude Θ_0 et de la déclinaison λ , qui est, à son tour, liée à la date du calendrier (nombre progressif du jour = n) :

$$\text{arc. cos. } \theta = \text{tg. } \delta \cdot \text{tg. } \Theta_0 = \theta \quad (\text{angulation azimuthale})$$

$$\text{arc. cos. } \theta = \text{tg. } 23^\circ 27' \cdot \text{tg. } \Theta_0 = 0,43377512 \cdot \text{tg. } \Theta_0 = \theta$$

$$t_{\text{di}} = \frac{12}{90^\circ} \cdot \theta = 0,13 \theta = \frac{\theta}{7,5} \text{ heures}$$

$$\delta = \varepsilon \cdot \sin \left(\frac{360^\circ \cdot 284 + n}{365} \right) = 23,45^\circ \cdot \sin \left(\frac{360 \cdot 284 + n}{365} \right)$$

$$10 \quad \text{pour } \Theta_0 = 45^\circ \text{ on a } \delta = \varepsilon = 23^\circ 27' = 23,45^\circ ; \text{tg. } \Theta_0 = 1.$$

$$\theta = \text{arc. cos. } 23,45^\circ = \text{arc. cos. } 0,43377512 = 64,292622^\circ$$

$$t_{\text{min}} = \frac{64,292622^\circ}{7,5} = 8,5723496 \text{ h} = 8\text{h}34\text{mn}20,46\text{s}$$

$$t_{\text{max}} = 24\text{h} - t_{\text{min}} = 15,4276504 \text{ h} = 15\text{h } 25\text{mn } 39,54\text{s}$$

Au contraire, dans le cas du "dispositif horaire de monitoring" (c'est-à-dire en l'absence de l'oscillation verticale de l'héliostat), il s'agissait d'un convertisseur solaire plan, l'angulation de déclinaison est celle effective, mais naturellement, sauf à midi, la surface efficace va diminuer selon la loi de Lambert :

$$20 \quad S_{\text{eff}} = S \cdot \cos. \theta, \cos. \theta_{\text{max}} = \varepsilon = 23^\circ 27'$$

$$S_{\text{min}} = 0,9174077 \cdot S$$

$$S_{\text{moy.}} = \int_0^\varepsilon \frac{\cos. \delta \, d\delta}{\varepsilon} = \frac{\sin. \varepsilon}{\varepsilon} = 0,9723145 \cdot S$$

Réalisation pratique

Dans le but de garantir la durée et la stabilité pendant le temps, la conosphère est réalisée en verre-résine à armature orthogonale, renforcée par une jante d'acier 17 en correspondance de la circonférence barycentrique, à laquelle les tourillons 15 de l'angulation de déclinaison sont soudés. On a ainsi réalisé une structure d'une remarquable rigidité, résistant aux agents atmosphériques (vent,

intempéries, changements de température, etc.) et dont le degré de déformabilité est stable dans le temps si bien que le taux d'interception reste à peu près constant, étant donné que la géométrie du système ne change pas.

5 La surface spéculaire de la conosphère a été réalisée en expérimentant de nombreux produits qui se trouvent sur le marché à partir de la simple feuille d'aluminium jusqu'aux films adhésifs aluminés sous vide avec ou sans protection en résine acrylique, du genre : Alkor, Scotcal
10 et analogues. Les meilleurs résultats ont été naturellement obtenus, soit comme stabilité dimensionnelle, soit dans le temps, soit comme résistance aux agents atmosphériques, soit surtout comme pouvoir réfléchissant, à partir des matériaux qui ont été développés pour usages spatiaux.
15 Dans ce cas, cependant, l'incidence du prix de revient est très élevée et il est opportun d'arriver à un compromis économique pour une application ménagère, étant donné que les gains de rendement sont seulement de l'ordre de quelques pourcents.

20 Un bon matériel de revêtement pour convertisseurs héliothermiques à concentration est formé par un film acrylique auto-adhésif métallisé, protégé par un film spécial de polyester d'une application facile.

L'opération d'application, qui est extrêmement simple,
25 est effectuée en coupant le matériau en tranches, qui correspondent à la surface latérale cono-quadrique correspondant à la conosphère, pour minimiser les pertes de matériau.

La chaudière ou récepteur P est formée très simplement
30 par un tuyau d'acier soudé ayant un diamètre $\varnothing = 100$ mm, qui est supporté par les tuyaux d'alimentation et de retour passant par le sommet de la conosphère et qui est cintré par l'intermédiaire des tirants 16 disposés à 120° entre eux et fixés à la jante d'acier de raidissement 17 par
35 l'intermédiaire de tendeurs.

Pour réaliser le corps noir on a employé un vernis de genre non-sélectif pour moyennes températures (jusqu'à 150°C) de haut rendement (taux d'absorption = 95 %).

12.

Le rendement est donné par :
 réflectance x absorbance x (radiation directe) $3.600 \text{ J/m}^2 \cdot \text{h}$
 $= 85 \% \times 95 \% \times 3.600 \times 555 \cdot \text{J/m}^2 \cdot \text{h} = 22 \cdot \text{J/m}^2 \cdot \text{mn.}$

Compte tenu du taux d'interception et des déperditions
 5 pour rayonnement de la chaudière à la température d'exer-
 cise (120°C) on peut, avec toute tranquillité, considérer
 un flux d'énergie captée égal à :

$$\phi = 2323 \times 90 \% = 2090 \text{ J/m}^2 \cdot \text{h.}$$

L'exposition utile au soleil, c'est-à-dire en défal-
 10 quant une heure le matin et une heure le soir dans lesquel-
 les l'absorption de l'atmosphère est trop intense et li-
 mitée par l'angle plat de rotation horaire en été est :

SOLSTICE
 D'HIVER : 6,1/2h vs 8,1/2h) Automne
 15 EQUINOXE: 10,1 h " 12,0 h) & Hiver : 8,1/4h) ANNEE :
 SOLSTICE) Printemps) 9,4/5h vs 12h
 D'ETE : 12,1/4h " 15,1/2h) & Eté : 11,1/3h)

C e sont les valeurs moyennes pratiques pour lati-
 tudes près de 45° qui donnent une exposition au soleil égale
 20 à 80 % de la valeur théorique. Les heures moyennes corres-
 pondantes d'exposition effective au soleil, relevées à la
 latitude de 45° , par les stations météorologiques dans les
 dernières 15 années sont 2.000 h/année. Donc l'énergie mo-
 yenne captée dans une année est égale à :

$$25 \quad 2.000 \times 80 \% \times 2.090 = 3.348 \text{ kJ/m}^2$$

Cela équivaut à échauffer 20 m^3 d'eau par année à 55°C
 par m^2 , ou bien 55 litres/ m^2 /jour, dont il est très facile
 d'obtenir le besoin ménager de surface captante.

Au contraire, la condition de sûreté que l'eau dans
 30 le système n'atteint jamais la température d'ébullition
 permet d'établir la capacité maximale absolue de l'ensem-
 ble chaudière chauffe-eau, dans l'hypothèse la plus favo-
 rable d'exposition maximale continue au soleil pour toutes
 les 12 heures d'exposition possible du concentrateur avec
 35 dispersion nulle, c'est-à-dire avec une isolation parfaite :

$$V_{\text{min}} = h \cdot \phi / (T-t)^\circ = 12 \times 500 / (95-15)^\circ = 6000/80^\circ \\ = 75 \text{ litres /m}^2$$

Dans ce cas même avec une consommation journalière

nulle le système est en équilibre thermique avant d'entrer en ébullition.

La chaudière sera connectée par l'intermédiaire d'un thermostat différentiel à l'échangeur de chaleur, (chauffe-
5 eau) qui met en fonctionnement une électro-pompe (circulateur) si la température dans la chaudière est plus élevée que 40°C.

Le berceau 10 de la monture équatoriale est réalisé en profilés à section carrée, en acier pour avoir le maxi-
10 mum de rigidité, et il présente une forme octogonale. De manière similaire, on a formé le châssis 20, supportant le berceau 10, dont les montants verticaux 21 et 22 ont les paliers 23 et 24 fixés à une distance : $h = d. \operatorname{tg} \lambda$, où d est l'entre-axe des montants verticaux et λ est la
15 latitude du lieu.

La description qui précède permet de relever les grands avantages que procure le convertisseur héliothermique pour usages ménagers selon la présente invention par rapport aux capteurs solaires actuellement dans le commerce. La simplicité de la réalisation pratique qui emploie, pour actionner
20 le système, un moteur synchrone réversible, qui combine les deux mouvements de l'héliostat en employant le synchronisme de la fréquence électrique en courant alternatif, exige, en théorie seulement, deux manoeuvres par an en correspondance des solstices pour sélectionner l'augmentation
25 et la diminution de la déclinaison.

Il va de soi que, bien qu'on ait illustré et décrit l'invention en relation à une forme de réalisation préférée, on peut apporter à l'invention toutes les modifications et
30 tous les changements à la portée d'un homme de l'art et qu'on peut prévoir tous les équivalents sans sortir du cadre de l'invention. En particulier, les matériaux employés pourront être de différentes natures selon les nécessités du moment sans rien modifier.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Capteur solaire pour usages ménagers et industriels, caractérisé en ce qu'il comprend : un héliostat (CS) ayant une géométrie particulière conosphérique, (c'est-à-dire
 5 combinant un tronc de cône et, à sa petite base, une calotte sphérique), un berceau (10) supportant l'héliostat, disposé sur un châssis fixe (20), avec possibilité de tourner autour d'un axe (AP) parallèle à l'axe polaire de la Terre, ledit héliostat étant pivoté au berceau avec possibilité de tourner autour d'un axe (AD) perpendiculaire
 10 à l'axe de rotation du berceau, des moyens (1-4) d'actionnement du berceau et des moyens (5, 7, 8, 12, 13) d'actionnement de l'héliostat asservis aux moyens d'actionnement du berceau de manière à pouvoir impartir à l'héliostat un
 15 mouvement combiné dans des directions perpendiculaires entre elles selon un programme bien déterminé.

2. Capteur solaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'héliostat est formé par la combinaison d'un tronc de cône ayant une ouverture de 90° et un rayon
 20 R à la grande base avec une calotte sphérique ayant la même ouverture et un rayon $R\sqrt{2}$, qui est concentrique au cercle de la plus petite base du tronc de cône et tangente à ce dernier, si bien que ladite conosphère de hauteur $R\sqrt{2}$ et de caustique $R/2$, en se superposant à l'effet
 25 sphérique pour un segment $R \cdot \frac{2 - \sqrt{2}}{4}$, réduit l'encombrement axial de l'héliostat.

3. Capteur solaire selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le récepteur est formé par un cylindre (P) ayant un rayon r et une hauteur $h = R/2$ et
 30 forme la chaudière pour le capteur solaire.

4. Capteur solaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que le berceau présente une forme assimilable à celle d'un octogone avec deux côtés opposés plus longs et est pivoté au châssis fixe dans une position inclinée, par
 35 l'intermédiaire de paliers à sphères (15), ou analogues, si bien que son axe longitudinal soit parallèle à l'axe polaire de la Terre de façon telle que son angle d'incli-

naison par rapport au plan horizontal est fonction de la latitude du lieu d'installation.

5. Capteur solaire selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'héliostat est pourvu d'une jante métallique de support (17), disposée autour de son barycentre et présentant deux axes de pivotement dans des paliers disposés au centre des deux côtés plus longs du berceau, ledit récepteur cylindrique, ou chaudière, étant fixé de manière coaxiale à l'axe de la conosphère par des tirants radiaux réglables.

6. Capteur solaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens d'actionnement du berceau sont formés par un moteur synchrone réversible, pourvu d'un réducteur pour faire accomplir, moyennant un rapport convenable de réduction de sa vitesse, une rotation du berceau par jour, ladite rotation étant partagée, au moyen d'éléments de fin de course, en deux mouvements d'oscillation de 180° par jour et de sens opposés, ledit mouvement du moto-réducteur étant synchronisé pendant le temps au moyen de la fréquence du réseau et donc n'exigeant aucun mouvement d'horlogerie pour son actionnement.

7. Capteur solaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens d'actionnement de l'héliostat sont formés par une tige filetée (5) tournant dans un écrou fileté (12) pivoté au sommet de la conosphère, ladite tige filetée ayant à son extrémité libre un pignon (8) engrenant dans une chaîne ou crémaillère (7), solidaire du châssis fixe du capteur, si bien que le mouvement de rotation de l'héliostat autour de son axe polaire va entraîner un pivotement autour de l'axe perpendiculaire audit axe polaire, ledit écrou ayant un pas des filets de manière à impartir à la conosphère un mouvement d'oscillation saisonnier égal au double de l'angle de déclinaison solaire.

8. Capteur solaire selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens à roue libre (9) dans les deux sens, commandés par un levier de sélection (11) permettant de faire tourner la tige filetée dans des directions opposées selon que l'on veut augmenter ou diminuer

l'angulation de déclinaison.

- 5 9. Capteur solaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'héliostat est fait en un matériau de verre-résine, pourvu d'un revêtement formé d'un film acrylique auto-adhésif métallisé, ayant un pouvoir réfléchissant moyen égal à 85 % tandis que le récepteur, ou chaudière, est revêtu d'un vernis non sélectif ayant un taux d'absorption d'environ 95 %.

Fig. 1

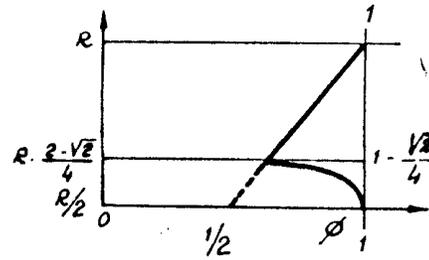


Fig. 2

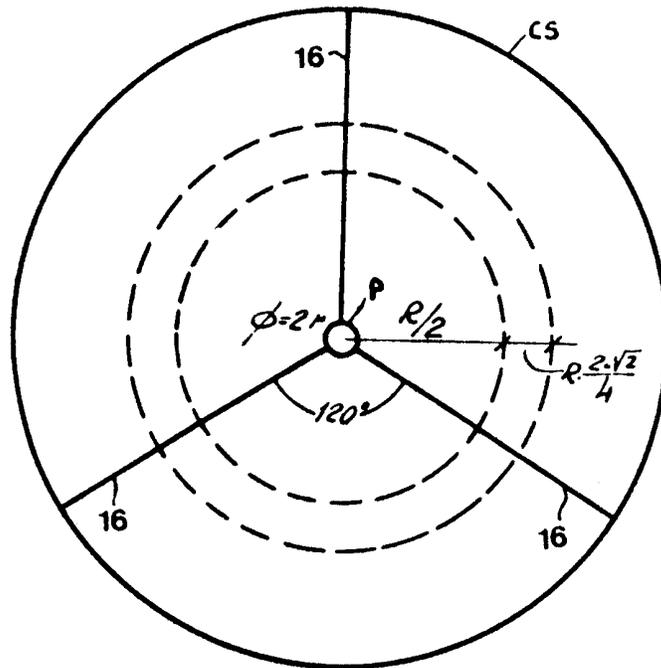
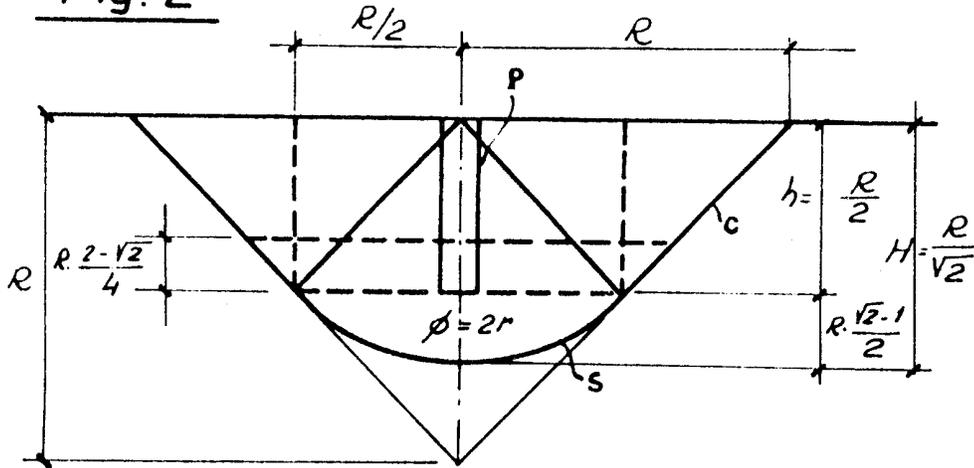


Fig. 3

Fig. 9

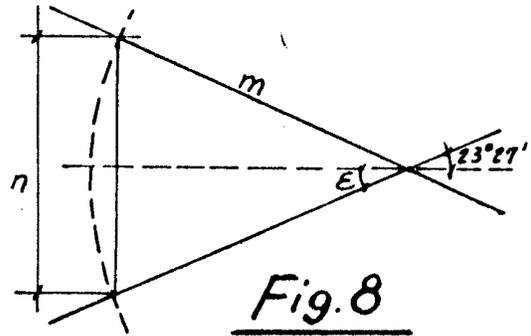


Fig. 8

